Canadian Forestry Service
Agriculture Canada
Service canadien des forêts
Agriculture Canada

Équations de biomasse d'arbre entier et de la tige marchande pour les feuillus de l'Ontario

I.S. Alemdag

Rapport d'information PI-X-46 F
Institut forestier national de Petawawa

85-6644/

ÉQUATIONS DE BIOMASSE D'ARBRE ENTIER ET DE LA TIGE MARCHANDE POUR LES FEUILLUS DE L'ONTARIO

Rapport d'information PI-X-46F

I.S. Alemdag

Institut forestier national de Petawawa
Service canadien des forêts
Agriculture Canada
1985

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1985
N° de catalogue Fo46-11/46-1985F
ISSN 0228-0736
ISBN 0-662-93001-0

Des exemplaires de cette publication peuvent être obtenus à l'adresse suivante:

Centre d'information technique et de distribution
Institut forestier national de Petawawa
Service canadien des forêts
Agriculture Canada
Chalk River (Ontario)
K0J 1J0

Téléphone: (613) 589-2880

This publication is also available in English under the title **Total tree and merchantable stem biomass equations for Ontario hardwoods.**

Table des matières

i	Résumé/Abstract
1	Introduction
1	Méthodes
1	Collecte des données
1	Compilation des données
2	Analyse des données
4	Résultats
5	Application
8	Résumé et conclusions
9	Remerciements
9	Références
	Figure
2	1. Diagramme montrant les principales composantes des arbres 1) bois de souche; 2) écorce de souche; 3) bois de tige marchand net; 4) écorce de tige marchande nette; 5) bois au fin bout de la tige; 6) écorce au fin bout de la tige; 7) branches vivantes; 8) rameaux et feuilles.
11	Annexe A : Espèces d'arbres étudiées
13	Annexe B : Méthodes de collecte sur le terrain, d'analyse en laboratoire et de compilation
17	Annexe C : États mécanographiques d'un tableau récapitulatif par arbre et des tableaux de contrôle
21	Annexe D : Tableaux 1 à 5 pour les principales composantes des arbres
31	Annexe E : Tableaux 6 à 13 pour les composantes marchandes et non marchandes de la tige
45	Annexe F : Examen de l'erreur systématique de l'équation de l'arbre entier

RÉSUMÉ

Des équations ont été établies pour la biomasse de la partie épigée d'arbres individuels de 19 espèces feuillus de l'Ontario. Ces équations permettent d'estimer: (a) la biomasse anhydre des principales composantes des arbres à partir du diamètre à hauteur de poitrine et de la hauteur de l'arbre; et (b) le pourcentage de la masse des parties marchandes et non marchandes de la tige par rapport à la masse totale de la tige, soit à partir du diamètre à hauteur de poitrine et du diamètre marchand, ou de la hauteur de l'arbre et de la hauteur marchande. En outre, plusieurs autres relations pour la biomasse ont été établies. On trouvera dans le rapport des tables produites par ordinateur servant à préparer les données pour l'analyse, et une démonstration de l'application des équations.

ABSTRACT

Aboveground biomass equations for single trees of 19 hardwood species of Ontario were developed. These equations are for estimating biomass, (a) in terms of ovendry mass for the main components of trees based on diameter at breast height and tree height, and (b) in terms of percent of the total stem mass for the merchantable and unmerchantable portions of the stem based on either breast height diameter and merchantable diameter, or tree height and merchantable height. In addition, several other biomass relationships were established. Computer produced tables for preparing the data for analysis are included in this report, and application of the prediction equations demonstrated.

ÉQUATIONS DE BIOMASSE D'ARBRE ENTIER ET DE LA TIGE MARCHANDE POUR LES FEUILLUS DE L'ONTARIO

INTRODUCTION

Les équations de la biomasse donnent une évaluation directe de la biomasse des principales composantes des arbres ainsi que des composantes marchandes et non marchandes de la tige dans un inventaire forestier ou dans toute opération exigeant la biomasse d'arbres ou de peuplements particuliers. Des équations ont déjà été mises au point pour certains feuillus de l'Ontario lors d'études précédentes (Alemdag, 1981, 1982; Alemdag et Horton, 1981.) La présente étude couvre les autres principales espèces de feuillus de l'Ontario. Elle comprend des équations d'évaluation de la biomasse épigée de 19 feuillus ainsi que celles des espèces déjà publiées. Une liste des espèces figure à l'annexe A.

MÉTHODES

Les méthodes utilisées dans la présente étude sont les mêmes que celles décrites par Alemdag (1981, 1982) et Alemdag et Horton (1981). Le mesurage des arbres et le traitement des échantillons de bois pour la biomasse épigée ont été effectués conformément aux directives déjà établies à cette fin (Alemdag, 1980). Les techniques de collecte de données sur le terrain et d'analyse en laboratoire sont décrites à l'annexe B.

Collecte des données

En plus des données sur quatre espèces d'arbres recueillies lors d'études antérieures, 1061 arbres échantillons appartenant à 15 espèces ont été étudiés à divers endroits en Ontario[1], et toutes les données ont été combinées. De ce nombre, 993 avaient un diamètre avec écorce égal ou supérieur à 5,1 cm à hauteur de poitrine de 1,30 m (d) et 68 étaient de plus petites dimensions. Ces arbres étaient répartis de façon à couvrir toute la gamme des classes de hauteur (h) des espèces. Un résumé de ces données figure au tableau 1 (annexe D) et au tableau 6 (annexe E). Les diverses composantes des arbres sont illustrées à la figure 1.

Compilation des données

Une fois les données recueillies, des compilations de base ont été faites en ce qui a trait à la masse, à la densité et au volume du bois. Ces techniques sont décrites en détail à l'annexe B. Des tableaux de ces compilations faits par ordinateur figurent à l'annexe C.

I.S. Alemdag est un chercheur de l'Institut forestier national de Petawawa, Service canadien des forêts, Agriculture Canada, Chalk River, Ontario, K0J 1J0.

Manuscrit approuvé pour publication le 29 octobre 1984.

---

[1]Ces données ont été recueillies en 1982 et 1983 par Dendron Resource Surveys Limited, 880 place Lady Ellen, Ottawa (Ont.), K1Z 5L9 sur la base de contrats ENFOR avec le Service canadien des forêts.

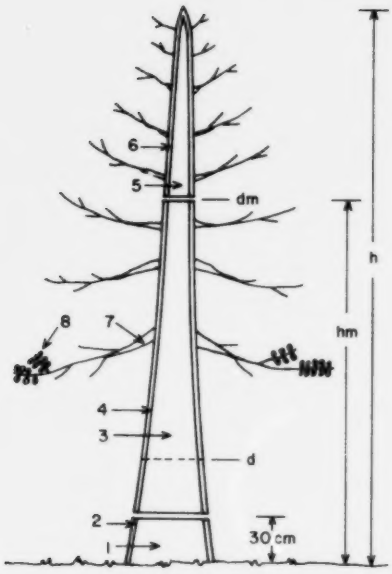

Figure 1. Diagramme montrant les principales composantes des arbres 1) bois de souche; 2) écorce de souche; 3) bois de tige marchand net; 4) écorce de tige marchande nette; 5) bois au fin bout de la tige; 6) écorce au fin bout de la tige; 7) branches vivantes; 8) rameaux et feuilles.

Analyse des données

Une fois les données sur les arbres vivants rassemblées, des analyses ont été faites en vue d'établir des équations d'estimation de la masse anhydre (MA) pour les principales composantes des arbres (bois de tige, écorce de tige, branches vivantes, rameaux et feuilles), et pour les parties marchandes et non marchandes de la tige (bois de tige marchand, écorce de tige marchande, bois au fin bout de la tige avec écorce), avec bois et écorce de souche compris dans la partie marchande. Ces analyses portent exclusivement sur les données recueillies sur les dernières espèces d'arbres. Les équations des principales composantes du peuplier à grandes dents sont tirées d'Alemdag et Horton (1981), et celles de l'ostryer de Virginie, de Alemdag (1981). Les données sur le peuplier faux-tremble et le bouleau blanc, pour lesquels des équations des principales composantes ont déjà été établies pour deux régions forestières de l'Ontario (Alemdag et Horton, 1981), ont été recalculées sans distinction régionale. Les facteurs de la qualité marchande pour le peuplier faux-tremble, le peuplier à grandes dents et le bouleau blanc ont été formulés en utilisant l'approche expliquée par Alemdag (1982). Aucune analyse de la qualité marchande n'a été faite pour l'ostryer de Virginie en raison de l'absence d'arbres commercialisables pour cette espèce.

Pour les raisons mentionnées dans deux études précédentes (Alemdag 1981, Alemdag et Horton, 1981), le modèle suivant a été utilisé pour évaluer directement la masse anhydre des principales composantes, de l'arbre entier ainsi que des branches mortes:

$$MA = b_1.d^2h \qquad (1)$$

où MA, d et h correspondent aux définitions ci-dessous. Ce modèle a été utilisé par plusieurs chercheurs pour évaluer le volume de la tige, et correspond au modèle à facteur constant de Spurr (1952) et de Clutter et al. (1983). Dans la présente étude, le modèle s'applique aux arbres dont le diamètre est égal ou supérieur à 5,1 cm pour chaque espèce prise séparément. Il permet d'estimer la masse anhydre de l'arbre entier à partir de la masse anhydre des principales composantes lorsque celle-ci est évaluée séparément, et élimine les risques d'obtenir des estimations négatives pour les petits arbres. Une fois ces équations établies, une analyse des erreurs systématiques qui peuvent survenir lors de leur application a été faite, en utilisant par exemple l'équation de l'arbre entier pour toutes les espèces combinées.

Pour les arbres dont le diamètre varie de 0,1 à 5,0 cm, la masse anhydre de l'arbre entier, pour toutes les espèces combinées, a été calculée à l'aide de l'équation suivante:

$$MA = b_0 + b_1.d^2h \qquad (2)$$

La masse anhydre des plants-semis (plants ligneux de moins de 1,30 m de hauteur) a été déterminée d'après trois classes de hauteur et la moyenne de chacune d'elles, pour toutes les espèces combinées et pour l'arbre entier.

La masse anhydre des composantes marchandes et non marchandes d'une tige a été étudiée indirectement, c'est-à-dire qu'aucune équation d'estimation de la masse directe n'a été établie pour ces composantes. Elle a plutôt été exprimée en pourcentage de la masse totale du bois de tige et de l'écorce de tige, comme facteurs pouvant être utilisés ultérieurement avec une masse anhydre connue de la tige totale. Ce procédé, décrit en détail dans une autre étude (Alemdag, 1982), permet de trouver des solutions précises au problème. La même méthode a été utilisée dans la présente étude pour analyser les composantes marchandes et non marchandes de la tige susmentionnées pour chaque espèce, soit par le diamètre marchand au sommet de la tige (dm), soit par la hauteur marchande (hm). Les modèles suivants ont été utilisés:

$$MA\% = b_0 + b_1.(dm/d) + b_2.(dm/d)^2 \qquad (3)$$

$$MA\% = b_0 + b_1.(hm/h) + b_2.(hm/h)^2 \qquad (4)$$

où MA représente le pourcentage de la masse anhydre du bois ou de l'écorce de la partie marchande au-dessous d'un diamètre ou d'une hauteur donnés, ou le pourcentage de la masse anhydre du bois avec écorce au sommet de la tige, dans la portion au-dessus des mêmes diamètre ou hauteur indiqués. Les autres variables sont celles qui ont été définies précédemment. Les valeurs marchandes nettes en pourcentage du bois de tige marchand et de l'écorce de tige marchande ont été déduites à partir des pourcentages de la masse anhydre totale pour différentes hauteurs de souche, jusqu'à 30 cm. Il est nécessaire d'utiliser cette méthode, car la masse du bois de souche et de l'écorce de souche est comprise dans la partie marchande de la tige. La distribution de la masse en pourcentage dans la souche a été évaluée en assimilant celle-ci au tronc d'un néloïde (Alemdag, 1982).

Des équations des principales composantes de l'arbre et des facteurs de valeur marchande ont été établies par régression. L'adéquation et la précision des équations de régression ont été estimées par le coefficient de détermination (r^2) ou le coefficient de détermination multiple (R^2), et par l'erreur-type de l'estimation exprimée en pourcentage de la moyenne (ETE%).

En plus de ces analyses, pour chaque espèce, les rapports masse anhydre/masse verte (MA/MV) des principales composantes et de l'arbre entier ont été calculées en additionnant les valeurs de masse observées. En outre, le pourcentage de la masse anhydre des principales composantes par rapport à la masse anhydre du bois de tige a été déterminé à l'aide des équations d'estimation de masse établies ci-dessus. Enfin, la densité moyenne de base du bois a été évaluée pour chaque espèce en prenant la moyenne arithmétique des densités de bois des arbres échantillons.

Des analyses ont été faites pour chaque espèce, puis pour toutes les 19 espèces de feuillus combinées.

RÉSULTATS

L'analyse de régression pour les arbres d'un diamètre égal ou supérieur à 5,1 cm, par rapport à l'estimation de la masse anhydre des principales composantes, de l'arbre entier et des branches mortes, a permis de calculer les coefficients de b_i dans l'équation 1 pour chaque espèce et pour toutes les espèces combinées. Ces coefficients de régression et certaines données statistiques sont indiqués au tableau 2 de l'annexe D. Comme vous pouvez le constater, la somme des coefficients des composantes est égale au coefficient de l'arbre entier, à l'exclusion des branches mortes. L'estimation de l'erreur systématique dans la précision de ces équations a donné des résultats encourageants (annexe F). Ce test a été effectué à l'aide des mêmes données que celles utilisées pour établir ces équations de prévision, et seulement pour la masse anhydre de l'arbre entier de toutes les espèces combinées. Dans toutes les classes de d^2h, à une exception près, l'erreur systématique varie de -5 % à +4 %, et elle est de zéro dans cinq classes. Elle est de -0,36 % seulement pour toutes les classes combinées.

Pour les arbres d'un diamètre de 0,1 à 5,0 cm, pour la masse de toutes les espèces combinées et la masse de l'arbre entier seulement, les coefficients de l'équation 2 ont été définis comme suit: b_0 = 0,600 et b_1 = 0,020294. Pour les plants de toutes les espèces combinées, la masse anhydre moyenne de l'arbre entier, pour les trois classes de hauteur, est la suivante:

Tiges de 0,01 m à 0,30 m de hauteur = 0,009 kg

Tiges de 0,31 m à 0,80 m de hauteur = 0,060 kg

Tiges de 0,81 m à 1,30 m de hauteur = 0,298 kg

Les estimations en pourcentages de la masse anhydre des composantes dans la masse anhydre du bois de tige sont présentées au tableau 3, pour chaque espèce. Les rapports masse anhydre/masse verte, observés dans les conditions météorologiques qui prévalaient au moment de la collecte des données,

apparaissent au tableau 4. Les densités de base moyennes du bois, pour chaque espèce, sont données au tableau 5.

Pour les arbres commercialisables, les analyses ont permis de déterminer les coefficients de régression des équations 3 et 4 pour estimer les pourcentages des parties marchandes et non marchandes de toute la tige. Ces coefficients, ainsi que les données statistiques correspondantes, sont indiqués aux tableaux 7 et 8 (annexe E). L'équation 3 s'applique au tableau 7 lorsque la valeur marchande est évaluée d'après le diamètre marchand au sommet de l'arbre, tandis que l'équation 4 s'applique au tableau 8 lorsque la valeur marchande est estimée d'après la hauteur marchande. Il faut remarquer que les pourcentages du bois de tige marchand, de l'écorce de tige marchande et du bois au fin bout de la tige avec écorce totalisent 100 %, soit la totalité du bois de tige avec écorce. Cette méthode donne les masses du bois de tige marchand brut et de l'écorce de tige marchande brute. Pour les valeurs marchandes nettes au-dessus d'une hauteur de souche de 30 cm, les masses moyennes estimées en pourcentage de la souche sont données au tableau 9, pour chaque espèce. La distribution de la masse dans la souche, exprimée en pourcentage de la masse totale de la souche, à une hauteur de 30 cm, est indiquée au tableau 10.

En raison de données insuffisantes sur les masses au fin bout des tiges et de la nature des équations quadratiques, l'utilisation des facteurs de valeur marchande est restreinte. Par exemple, comme il a déjà été expliqué dans une autre étude (Alemdag, 1982), sous un certain rapport dm/d (équation 3) ou au-dessus d'un certain rapport hm/h (équation 4), les pourcentages obtenus sont irréalistes. Il n'est donc pas possible d'utiliser ces équations lorsque les rapports sont inférieurs ou supérieurs aux rapports permis et, pour cette raison, les rapports possibles dm/d et hm/h ont été calculés pour chaque espèce, et sont donnés au tableau 12.

APPLICATION

Les équations d'estimation susmentionnées sont utilisées comme suit pour inventorier la biomasse ou calculer la masse anhydre d'arbres ou de peuplements individuels:

1. Calcul des principales composantes de l'arbre:

a) Pour calculer les masses anhydres d'arbres individuels, il est nécessaire de mesurer ou d'estimer le diamètre (d) et la hauteur (h) de ces arbres, et de les utiliser dans l'équation 1 (tableau 2). Si ces calculs sont faits sur une base locale, on peut utiliser la somme de chaque arbre ou le diamètre moyen et la hauteur moyenne du peuplement dans cette équation. On multiplie le résultat obtenu par le nombre d'arbres dans ce secteur. On peut procéder de la même façon pour les classes de diamètre. Par exemple, un bouleau blanc dont d = 24,0 cm et h = 20,00 m a une masse de bois de tige de 186,8 kg, une masse d'écorce de tige de 33,1 kg, une masse de branches vivantes de 40,6 kg et une masse de rameaux et de feuilles de 9,9 kg, soit une masse anhydre totale de 270,4 kg pour l'arbre entier. L'équation 2 peut être utilisée de la même manière pour les arbres d'un diamètre inférieur à 5,1 cm. Au besoin, les masses des plants peuvent être calculées d'après les trois classes de hauteur.

b) Dans les cas où seul le volume total de la tige sans écorce est connu, pour un arbre ou un peuplement, la masse anhydre du bois de tige peut être calculée à partir de ce volume et de la densité de base du bois de chaque espèce (tableau 5). Puis, les pourcentages du tableau 3 seront utilisés pour trouver la masse anhydre des autres composantes. Par exemple, un peuplement pur de bouleaux blancs dont le volume sans écorce est de 200,0 m^3/ha contient 107 200 kg/ha de bois de tige, 18 974 kg/ha d'écorce de tige, 23 262 kg/ha de branches vivantes, 5682 kg/ha de rameaux et de feuilles, pour un total de 155 118 kg/ha de masse anhydre d'arbres entiers.

c) Dans le cas où un échantillonnage ponctuel est employé pour l'inventaire, une version modifiée de l'équation 1 peut être utilisée pour calculer la masse anhydre des composantes, à un point échantillon. Cette formule modifiée est $MA/ha = (40\ 000.b_1/\pi).G.h$, où G est la région basale exprimée en m^2/ha. Par exemple, un peuplement pur de bouleaux blancs dont G = 25,0 m^2/ha et dont la hauteur moyenne = 16,00 m contient 82 562 kg/ha de bois de tige, 14 632 kg/ha d'écorce de tige, 17 953 kg/ha de branches vivantes, 4375 kg/ha de rameaux et de feuilles, pour une masse anhydre de 119 522 kg/ha d'arbres entiers.

2. Calcul des composantes marchandes et non marchandes de la tige

Lorsque la hauteur et le diamètre de chaque arbre ou les valeurs moyennes de ces variables pour le peuplement sont connus, soit directement, soit indirectement, il faut utiliser le diamètre marchand autorisé au sommet de l'arbre ou la hauteur marchande autorisée pour effectuer les calculs. Ainsi:

a) Si le diamètre marchand au sommet de l'arbre est connu, l'équation 3 (tableau 7) sera d'abord utilisée pour calculer les valeurs en pourcentage des parties marchandes brutes et de la partie non marchande. Ces pourcentages seront ensuite appliqués à la masse anhydre du bois de tige avec écorce pour obtenir les masses réelles. Par exemple, le bouleau blanc dont il a été question en 1(a) et dont le dm = 10,2 cm, contiendra 82,29 % de bois de tige marchand, 14,21 % d'écorce de tige marchande, et 3,50 % de bois au fin bout de la tige avec écorce. En termes de masse anhydre, ces valeurs sont respectivement de 181,0 kg, 31,2 kg et 7,7 kg.

b) Si la qualité marchande est définie par la hauteur marchande, l'équation 4 (tableau 8) sera utilisée de la même manière qu'en (a). Par exemple, le bouleau blanc dont il a été question en 1 (a) et dont la hm = 12,50 m (cinq grumes de 2,50 m) contiendra 77,97 % ou 171,5 kg de bois de tige, 13,02 % ou 28,6 kg d'écorce de tige marchande, et 9,01 % ou 19,8 kg de bois au fin bout avec écorce.

c) Comme toutes les valeurs précitées du bois de tige marchand et de l'écorce de tige marchande comprennent celles du bois de souche et de l'écorce de souche, il faut faire une soustraction pour arriver aux valeurs marchandes nettes. Supposons que l'arbre est coupé à une hauteur de souche de 20 cm. D'après les pourcentages moyens de souche du bouleau blanc (tableau 9) et la distribution en pourcentage de la masse anhydre à différentes hauteurs de souche (tableau 10), on peut affirmer qu'à une hauteur de souche de 20 cm, le bois de souche représente 3,53 % (= 5,16 % x 68,36 %) et de l'écorce de souche 0,60 % (= 0,88 % x 68,36 %) de tout le bois de tige avec écorce

(tableau 11). Dans l'exemple 2(a), la masse nette du bois de tige marchand est donc de 78,76 % ou 173,2 kg et la masse nette de l'écorce de tige marchande est de 13,61 % ou 29,9 kg; dans l'exemple 2(b), ces valeurs sont respectivement de 74,44 % ou 163,7 kg et 12,42 % ou 27,3 kg. Un autre exemple est donnée au tableau 13.

Les pourcentages de bois et d'écorce de souche estimés à diverses hauteurs de souche jusqu'à 30 cm, pour le bouleau blanc (tableau 11), peuvent être déterminés de la même manière pour les autres espèces, en utilisant les données des tableaux 9 et 10.

L'utilisation des équations 3 et 4 est soumise aux restrictions mentionnées au tableau 12; les rapports inférieurs ou supérieurs aux rapports permis ne peuvent être utilisés dans ces équations.

3. Calcul des résidus de coupe

Prenons, par exemple, un type d'exploitation en bois courts. Dans ce mode d'exploitation, les branches vivantes, les rameaux et les feuilles, le bois de bout de tige avec écorce, et le bois de souche avec écorce sont laissés dans la forêt, tandis que le bois et l'écorce de la partie marchande nette de la tige sont amenés à la scierie. Si la masse anhydre du fin bout de tige au-dessus d'un diamètre marchand donné et de la souche est calculée par rapport à la masse de la tige totale, l'équation à utiliser pour obtenir la masse anhydre des résidus de coupe est la suivante:

$$MA = d^2h\cdot(a_1+a_2\cdot(a_3+a_4\cdot(dm/d)+a_5\cdot(dm/d)^2+k\cdot q))$$

où les nouveaux coefficients sont les suivants:

a_1 = b_1 de branches vivantes plus b_1 de rameaux et de feuilles de l'équation 1 (tableau 2),

a_2 = b_1 du bois de tige plus b_1 de l'écorce de tige de l'équation 1 (tableau 2),

a_3, a_4 et a_5 = respectivement b_0, b_1, b_2 du bois au fin bout de la tige avec écorce de l'équation 3 (tableau 7), divisé par 100,0,

k = pourcentage du bois de souche avec écorce à une hauteur de souche de 30 cm (tableau 9),

q = pourcentage des différentes hauteurs de souche (tableau 10).

Dans les cas où la souche (bois avec écorce) est également apportée à la scierie, il faut enlever le terme $k\cdot q$ de l'équation 5. De même, lorsque la partie marchande de la tige est définie par la hauteur marchande, la variable dm/d de l'équation 5 est remplacée par hm/h, et les paramètres a_3, a_4, et a_5 seront repris dans le tableau 8.

Prenons par exemple le même bouleau blanc que celui de l'exemple 2(a) dont d = 24,0 cm, h = 20,00 m, la hauteur de souche = 200 cm, et dm = 20,3 cm. Si seule la partie marchande nette de la tige (bois avec écorce) est apportée à la scierie, les résidus de coupe auront une masse anhydre de 67,9 kg. Donc,

la partie de la tige ainsi amenée à la scierie aura une masse anhydre de 202,5 kg (270,4 - 67,9).

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Dix-neuf des plus importantes espèces de feuillus de l'Ontario ont été étudiées en vue d'estimer la biomasse épigée des peuplements d'arbres. Les conclusions suivantes ont été tirées après une série d'analyses.

1. Les estimations de la masse anhydre des principales composantes de l'arbre et de l'arbre entier peuvent être plus précises pour le bois de tige et l'arbre entier que pour les autres composantes. Comme dans les études précédentes, les prévisions de la masse anhydre du bois de tige et de l'arbre entier sont plus sûres que pour les autres composantes. Les coefficients de détermination sont de 0,970 environ et l'erreur-type d'estimation exprimée en pourcentage de la moyenne est d'à peu près 20 % pour ces estimations. Les résultats un peu moins précis, quoique acceptables, obtenus pour le feuillage et les branches vivantes, pourraient être dus à la position sociale des arbres échantillons dans le peuplement, aux densités variables des peuplements dans lesquels les arbres échantillons ont été pris, et à l'âge varié des arbres. De meilleures estimations pourraient être faites en utilisant ces paramètres comme variables indépendantes dans le modèle; toutefois, cela pourrait compliquer les inventaires de la biomasse.

L'examen de l'erreur systématique dans les résultats de ces équations, au moyen de l'équation de la masse de l'arbre entier, pour toutes les espèces combinées, indique que ces équations peuvent être utilisées sans problème.

Il est intéressant de noter que pour une taille d'arbre donnée, le chêne rouge a la plus grande masse anhydre d'arbre entier tandis que le tilleul d'Amérique a la plus petite. En termes de bois de tige, l'érable à sucre est le plus lourd (de même que le chêne rouge, le hêtre à grandes feuilles, l'orme d'Amérique et le caryer) et le tilleul d'Amérique est le plus léger. Si on utilise les coefficients de l'équation indiqués au tableau 2 pour toutes les espèces combinés, le bois de tige est calculé à 64,8 %, l'écorce de tige à 8,5 %, les branches vivantes à 24,9 % et les rameaux plus les feuilles à 1,8 % de la masse anhydre de l'arbre entier. Pour les résineux, ces calculations étaient 70,6 %, 9,5 %, 14,4 % et 5,5 % respectivement (Alemdag, 1983).

2. Les portions marchandes et non marchandes de la tige exprimées en pourcentage de la masse anhydre de la tige totale, peuvent être estimées avec une très grande précision pour toutes les composantes de l'arbre, comme l'indiquent les valeurs de R^2 et de ETE %. De meilleurs résultats peuvent être obtenus pour le bois de tige marchand et le bois au fin bout de tige avec écorce que pour l'écorce de tige marchande, avec un coefficient de détermination approchant 0,800 pour les équations dm/d et 0,950 pour les équations hm/h. Pour un diamètre marchand donné pour une espèce, les pourcentages de chacune de ces trois composantes varient en fonction du diamètre à hauteur de poitrine. Cela s'applique également à la hauteur marchande. Ces pourcentages sont calculés pour une espèce donnée et des rapports dm/d et hm/h spécifiques, puis ils sont utilisés en fonction de la masse anhydre du bois de tige avec écorce. Pour utiliser ces équations, il faut mesurer ou estimer la masse anhydre du bois de tige avec écorce. On

peut déterminer les pourcentages des portions marchandes et non marchandes de la tige au moyen des équations 3 et 4 seulement pour les rapports dm/d et hm/h indiqués au tableau 12.

3. En l'absence de données sur les dimensions de chaque arbre, toutes les équations précédentes peuvent quand même être utilisées, mais en y appliquant le diamètre moyen d'un peuplement.

4. Toutes les équations de prévision de la biomasse peuvent s'appliquer aux mêmes espèces d'arbres poussant ailleurs, mais dans des conditions écologiques semblables à celles de l'Ontario.

REMERCIEMENTS

L'auteur remercie T.L. Pickett et C.F. Robinson qui ont effectué les analyses par ordinateur, ainsi que D.J. McGuire qui a dessiné la figure. Tous les trois sont de l'Institut forestier national de Petawawa.

RÉFÉRENCES

Alemdag, I.S. 1980. Manual of data collection and processing for the development of forest biomass relationships. Can. Dep. Environ., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Inf. Rep. PI-X-4. 38 p.

Alemdag, I.S. 1981. Aboveground-mass equations for six hardwood species from natural stands of the research forest at Petawawa. Can. Dep. Environ., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Inf. Rep. PI-X-6. 9 p.

Alemdag, I.S. 1982. Biomass of the merchantable and unmerchantable portions of the stem. Can. Dep. Environ., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Inf. Rep. PI-X-20. 20 p.

Alemdag, I.S. 1983. Mass equations and merchantability factors for Ontario softwoods. Can. Dept. Environ., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Inf. Rep. PI-X-23. 24 p.

Alemdag, I.S.; Horton, K.W. 1981. Single-tree equations for estimating biomass of trembling aspen, largetooth aspen and white birch in Ontario. For. Chron. 57(4): 169-173.

Clutter, J.L.; Fortson, J.C.; Pienaar, L.V.; Brister, G.H.; Bailey, R.L. 1983. Timber management: A quantitative approach. John Wiley and Sons, New York. 333 p.

Jessome, A.P. 1977. Strength and related properties of woods grown in Canada. Environ. Can., East. For. Prod. Lab., For. Tech. Rep. No. 21, 37 p.

Spurr, S.H. 1952. Forest inventory. The Ronald Press Company, New York. 476 p.

ANNEXE A

Espèces d'arbres étudiées

ESPÈCES D'ARBRES ÉTUDIÉES

Peuplier faux-tremble	*Populus tremuloides* Michx.
Peuplier à grandes dents	*Populus grandidentata* Michx.
Peuplier baumier	*Populus balsamifera* L.
Bouleau blanc	*Betula papyrifera* Marsh.
Bouleau jaune	*Betula alleghaniensis* Britton
Érable à sucre	*Acer saccharum* Marsh.
Érable rouge	*Acer rubrum* L.
Érable argenté	*Acer saccharinum* L.
Frêne d'Amérique	*Fraxinus americana* L.
Frêne noir	*Fraxinus nigra* Marsh.
Frêne de Pennsylvanie	*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.
Tilleul d'Amérique	*Tilia americana* L.
Hêtre à grandes feuilles	*Fagus grandifolia* Ehrh.
Cerisier tardif	*Prunus serotina* Ehrh.
Orme d'Amérique	*Ulmus americana* L.
Caryer	*Carya* Nutt. spp.
Ostryer de Virginie	*Ostrya virginiana* (Mill.) K. Koch
Chêne blanc	*Quercus alba* L.
Chêne rouge	*Quercus rubra* L.

ANNEXE B

Méthodes de collecte sur le terrain, d'analyse en laboratoire et de compilation

Collecte de données sur le terrain

La biomasse et le volume ont été mesurées en choisissant au hasard des arbres échantillons parmi les arbres vivants, de façon qu'il y ait distribution égale pour toute la gamme de diamètres par espèce et pour toute la gamme de hauteurs dans les classes de diamètre de 5 cm. Une attention particulière a été apportée aux arbres vigoureux, intacts et sains. Avant et après la coupe des arbres, les mesures suivantes ont été effectuées sur chaque arbre échantillon de chaque espèce.

1) diamètre (d) à hauteur de poitrine de 1,30 m avec écorce, et hauteur totale de l'arbre (h);

2) diamètres marchandes (dm) avec écorce, aux 1/3, 2/3, et 3/3 de la hauteur où le diamètre est de 9,1 cm; et hauteurs marchandes (hm) du niveau du sol jusqu'à ces trois endroits sur la tige (la tige marchande est la partie de la tige du niveau du sol jusqu'à un diamètre minimal de 9,1 cm avec écorce et une longueur minimale de 2,80 m. Cette partie est ensuite divisée en trois sections égales pour les besoins de la collecte de données (Alemdag 1983);

3) diamètre au niveau du sol, à hauteur de souche de 0,30 m (ou autre dans certains cas) et à 0,80 m, avec écorce;

4) diamètre à 2 m de hauteur et à tous les 2 m suivants, avec écorce;

5) épaisseur à chaque endroit où le diamètre a été mesuré, sauf là où les disques de tige ont été enlevés, avec écorce double

6) âge de l'arbre (nombre de cernes annuels à hauteur de poitrine et âge des plants-semis à cette hauteur);

7) longueur du houppier à partir des premières branches du bas jusqu'au sommet de l'arbre, et diamètre moyen du houppier;

8) masse verte (MV) des composantes des arbres dont le diamètre est égal ou supérieur à 5,1 cm, soit :

a) chaque tiers de la portion marchande, et le sommet (portion non marchande) de la tige (bois et écorce combinés; le tiers inférieur, masse verte de la souche non comprise),

b) branches vivantes (petites et larges, bois et écorce combinés), rameaux et feuilles, fruits, et branches mortes.

9) masse verte de l'arbre entier dont le diamètre varie entre 0,1 et 5 cm, et masse verte des plants-semis dont la hauteur est égale ou inférieure à 1,30 m (masse mesurée en laboratoire);

10) disques échantillons, bois et écorce compris :

a) de la tige, à hauteur de poitrine, et à la partie inférieure des sections marchandes centrales et supérieures, et à la partie inférieure du sommet (pour les arbres non marchands, à hauteur de poitrine et au milieu de la tige seulement),

b) des branches vivantes (une pour chaque catégorie de taille),

c) des branches mortes;

11) échantillons des rameaux, des feuilles et des fruits.

Toutes les données ont été inscrites sur des formulaires de codage Fortran. Les longueurs et hauteurs ont été mesurées et exprimées en mètres par tranches de 0,01 m, les diamètres et les épaisseurs de l'écorce en centimètres par tranches de 0,1 cm (sauf le diamètre du houppier qui est donné en mètres), et les masses en kilogrammes par tranches de 0,1 kg.

Analyses en laboratoire
Les échantillons prélevés sur le terrain ont fait l'objet des analyses de laboratoire suivantes:

1) Mesurage du diamètre à l'intérieur de l'écorce et de l'épaisseur avec double écorce des disques échantillons prélevés sur la tige;

2) prélèvement d'un quartier de bois dans chaque disque de la tige;

3) séparation du bois et de l'écorce dans les parties restantes des disques prélevés sur la tige et dans ceux des branches, et mesure de la masse verte par pesée;

4) séchage du bois et de l'écorce des disques et mesure de la masse anhydre de chaque disque par pesée;

5) écorçage du quartier de bois et trempage du quartier dans l'eau pendant quelque temps, puis détermination de la masse verte par immersion; ensuite séchage du même bois et mesure de la MA par pesée;

6) pesage des rameaux, feuilles et fruits avant et après leur séchage.

Les échantillons ont été séchés dans un four à air pulsé, à une température de 105 ° ± 3 °C, pendant 24 à 48 heures ou jusqu'à ce que la masse reste constante. La masse anhydre et la masse verte de ces échantillons ont ensuite été déterminées par pesée au 0,1 g près. Le volume du quartier de bois a été mesuré en 0,1 cm^3.

Compilation des données
La masse des composantes des arbres, la densité du bois et le volume de la tige ont été calculés comme suit:

Calcul de la masse - Premièrement, le pourcentage d'écorce en termes de bois avec écorce des disques de tige a été calculé d'après la masse verte des disques. Puis, en prenant la moyenne pondérée de ces pourcentages des deux extrémités de chacune des sections inférieures, centrales et supérieures de la tige marchande, la masse verte observée de bois avec écorce de chaque section a été divisée en bois et en écorce. Les carrés des diamètres extérieurs des disques ont été utilisés comme facteurs de pondération. Dans le cas de la section inférieure, le disque à hauteur de poitrine a été utilisé comme disque de l'extrémité inférieure, et dans le cas du sommet de l'arbre, un disque seulement a été utilisé. Puis les rapports MA/MV des échantillons susmentionnés ont été calculés. Ces rapports ont été multipliés par les valeurs réelles de la masse verte des composantes pour obtenir les valeurs de la masse anhydre. En ce qui a trait à la masse du bois et à la masse de l'écorce des quatre sections de la tige, une moyenne pondérée des rapports

MA/MV de chaque section a été établie de la même façon que les pourcentages d'écorce pondérés, avant d'appliquer ces rapports à la masse verte des sections. La masse anhydre du bois de souche et de l'écorce de souche a été calculée en prenant le rapport du volume de souche au volume de la partie entre la hauteur de souche et la hauteur maximale de la section marchande inférieure. Ensuite, toutes ces valeurs ont été combinées pour obtenir la masse anhydre du bois et de l'écorce de toute la tige. Puis, la masse anhydre des branches vivantes, des rameaux et des feuilles, des fruits et des branches mortes ont été ajoutées à celle de la tige entière pour obtenir la masse anhydre de l'arbre entier. Toutefois, dans les analyses d'estimation, la masse des fruits et des branches mortes n'a pas été comprise dans la mase de l'arbre entier. En plus de la masse anhydre des composantes de l'arbre, la masse anhydre de tout le bois de tige marchand, de toute l'écorce de tige marchande et des résidus de coupe (arbre entier moins le bois de tige marchand et l'écorce de tige marchande) a été calculée.

Calcul de la densité de base du bois - La densité de base du bois, c'est-à-dire le rapport entre la masse anhydre et son volume vert, est exprimée en masse par unité de volume. La masse volumique a été calculée à chaque emplacement des disques sur la tige, sur le quartier de bois séché en divisant la masse anhydre en grammes par le volume vert en centimètres cubes. La densité moyenne du bois de la tige a été calculée en prenant les moyennes pondérées de ces densités, le carré du diamètre des disques à l'intérieur de l'écorce étant utilisé comme facteur de pondération.

Calcul du volume - Le volume de la tige avec écorce intérieure et écorce extérieure, du niveau du sol au sommet de l'arbre, a été calculé et exprimé en mètres cubes. La formule pour le tronc d'un néloïde a été utilisée pour calculer le volume de la souche, la formule du cône pour celui du sommet de l'arbre, et la formule de Smalian pour celui de la portion de la tige entre ces deux sections. Les valeurs calculées ont été appliquées au tiers inférieur (souche non comprise), au tiers central et au tiers supérieur de la tige marchande, au sommet, et à la souche.

Les résultats de ces calculs et la plupart des données sur les arbres échantillons ont été inscrits dans des tableaux informatisés appelés tableaux récapitulatifs par arbre. Un spécimen de tableau pour un arbre échantillon est donné en annexe C. Ces données ont été vérifiées pour repérer toute anomalie dans les valeurs calculées, en les énumérant par ordre croissant de diamètre et de hauteur. Les erreurs visibles ont été corrigées en fonction des données sur le terrain, ou les arbres pour lesquels ces erreurs ont été faites ont été rejetés. Des exemples de ces tableaux de contrôle sont également donnés à l'annexe C. Des programmes pour produire ces tableaux et emmagasiner les données à des fins d'analyse ont été écrits en FORTRAN-77/RSX et rendus opérationnels sur le DEC PDP 11/44 et le système d'exploitation RSX-11M+. Ils ont été appelés ISA42 (tableau récapitulatif par arbre), ISA43 (Tableau de contrôle n° 1) et ISA44 (Tableau de contrôle n° 2). Des copies de ces programmes peuvent être obtenues en écrivant au Directeur, Institut forestier national de Petawawa, Service canadien des forêts, Chalk River (Ont.), K0J 1J0, Canada.

ANNEXE C

États mécanographiques d'un tableau récapitulatif par arbre
et des tableaux de contrôle

TABLEAU RÉCAPITULATIF PAR ARBRE

PROJET N°: PI-12-067 ÉTUDE N°: ENFOR-234

PARCELLE N° 1	ARBRE N°	12	CODE DE L'ESPÈCE	720	DHPEÉ (CM)	35,0	HAUTEUR (M) 22,06
	ÂGE (ANS)	94	DIAM. DE LA CIME	8,5	HT DCV (M)	8,17	HM (M) 15,60
	STATUT DE L'ARBRE	1	DEÉ À HDP (CM)	2,0			

LIGNE N°	DESCRIPTION	SEC. N°	MASSE VERTE (KG)	MASSE ANHYDRE (KG)	RAPPORT MA/MV	VOLUME (M**3) ÉCORCE EXTÉRIEURE	VOLUME (M**3) ÉCORCE INTÉRIEURE
1	BOIS DE TIGE	1*	342,468	186,529	0,545		0,436
2		2	236,462	127,487	0,539		0,227
3		3	90,256	48,342	0,536		0,089
4		4	11,650	6,147	0,528		0,013
5	LIGNES 1-4	TOTAL	680,836	368,506	0,541		
6	ÉCORCE DE TIGE	1*	38,232	21,638	0,566		
7		2	27,338	15,659	0,573		
8		3	13,044	7,305	0,560		
9		4	2,450	1,344	0,549		
10	LIGNES 6-9	TOTAL	81,064	45,946	0,567		
11	BOIS DE TIGE AVEC ÉCORCE	1*	380,700	208,168	0,547	0,483	
12		2	263,800	143,146	0,543	0,257	
13		3	103,300	55,647	0,539	0,104	
14		4	14,100	7,491	0,531	0,016	
15	LIGNES 11-14	TOTAL	761,900	414,452	0,544		
16	ÉCORCE % DE BOIS AVEC ÉCORCE**	1	10,0	10,4			
17		2	10,4	10,9			
18		3	12,6	13,1			
19		4	17,4	17,9			
20		MOY.	10,6	11,1			
21	BRANCHES, MORTES		10,100	7,070	0,700		
38	BOIS, BRANCHES VIVANTES > 9,0 CM		106,049	58,962	0,556		
39	ÉCORCE, BRANCHES VIVANTES > 9,0 CM		20,751	11,081	0,534		
22	BRANCHES, VIVANTES > 9,0 CM		126,800	70,043	0,552		
40	BOIS, BRANCHES VIVANTES < 9,1 CM		150,632	78,704	0,522		
41	ÉCORCE, BRANCHES VIVANTES < 9,1 CM		31,768	16,661	0,524		
23	BRANCHES, VIVANTES < 9,1 CM		182,400	95,365	0,523		
42	RAMEAUX		16,619	8,837	0,532		
43	FEUILLES		20,181	7,266	0,360		
24	RAMEAUX ET FEUILLES		36,800	16,103	0,438		
44	NOUVEAUX CÔNES		1,700	0,551	0,324		
45	ANCIENS CÔNES		0,400	0,181	0,453		
46	CÔNES		2,100	0,732	0,349		
25	BOIS DE SOUCHE		91,078	49,892	0,548		0,116
26	ÉCORCE DE SOUCHE		7,165	3,999	0,558		
27	BOIS DE SOUCHE AVEC ÉCORCE		98,242	53,892	0,549	0,125	
28	TOTAL (LIGNES 15, 21, 22, 23, 24, 27, 46)		1218,343	657,657	0,540	0,984	0,881
29	BOIS DE TIGE MARCHAND		669,186	362,359	0,541		0,752
30	ÉCORCE DE TIGE MARCHANDE		78,614	44,602	0,567		
31	BOIS DE TIGE MARCHAND AVEC ÉCORCE		747,800	406,961	0,544	0,843	
32	RÉSIDUS DE COUPE (28 MOINS 31)		468,443	249,964	0,534		
33	DENSITÉ DU BOIS (G/CM**3)	1			0,633		
34		2			0,620		
35		3			0,608		
36		4			0,601		
37		MOY.***			0,624		

* SOUCHE NON COMPRISE
** MOYENNE PONDÉRÉE PAR DEÉ**2 DES DISQUES
*** MOYENNE PONDÉRÉE PAR DIÉ**2 DES DISQUES

PROJET: PI-12-067 ÉTUDE: ENFOR-234

TABLEAU DE CONTRÔLE N°: 1
NOMBRE D'ARBRES: 5
CODE DE L'ESPÈCE: 720
STATUT DE L'ARBRE: 1

* TOTAL DE LA COLONNE/N
** SOUCHE COMPRISE
*** COMPOSANTES AVEC VALEURS NULLES NON COMPRISES
**** L'ARBRE ENTIER COMPREND LES BRANCHES MORTES ET LES CÔNES

				MA DES COMPOSANTES						MA DES COMPOSANTES/MA DU BOIS DE TIGE***							BOIS DE TIGE	
DHPEÉ	HT TOT.	PARCELLE N°	ARBRE N°	BOIS DE TIGE**	ÉCOR. DE TIGE**	BRAN. MORTE	BRAN. VIV.	RAM., FEUIL. & CÔN.	ARBRE ENTIER	BOIS MARCH.	ÉCOR. MARCH.	BOIS & ÉCOR. DE SOUCHE	BRAN. MORTE	BRAN. VIV.	RAM., FEUIL. & CÔN.	ÉCOR. DE TIGE**	ARBRE ENTIER	MA**/ MV**
1,7	3,21	8	3	0,19	0,02	0,00	0,23	0,12	0,56	0,00	0,00	0,28	0,00	1,21	0,66	0,10	2,98	0,63
6,2	5,00	1	39	6,46	1,34	0,00	1,42	1,42	10,64	0,00	0,00	0,12	0,00	0,22	0,22	0,21	1,65	0,59
16,1	16,30	2	6	60,22	9,03	1,93	14,72	2,97	88,86	0,75	0,11	0,06	0,03	0,24	0,05	0,15	1,48	0,56
35,0	22,06	1	12	418,40	49,94	7,07	165,41	16,84	657,66	0,87	0,11	0,13	0,02	0,40	0,04	0,12	1,57	0,54
59,6	23,87	8	28	1085,32	201,48	3,69	649,89	13,75	1954,13	0,93	0,18	0,07	0,00	0,60	0,01	0,19	1,80	0,60
MOY.*				314,12	52,36	2,54	166,33	7,02	542,37	0,51	0,08	0,13	0,01	0,53	0,20	0,15	1,89	0,58

PROJET: PI-12-067 ÉTUDE: ENFOR-234

TABLEAU DE CONTRÔLE N°: 2
NOMBRE D'ARBRES: 5
CODE DE L'ESPÈCE: 720
STATUT DE L'ARBRE: 1

* TOTAL DE LA COLONNE/N
** SOUCHE COMPRISE
*** COMPOSANTES AVEC VALEURS NULLES NON COMPRISES
**** L'ARBRE ENTIER COMPREND LES BRANCHES MORTES ET LES CÔNES

				VOL. INTÉRIEUR DE 4 SECTIONS					MA DU BOIS DE 4 SECTIONS					DENSITÉ DU BOIS DE 4 SECTIONS					
DHPEÉ	HT TOT.	PAR. N°	AR. N°	1re**	2e	3e	4e	VOL. INT. DU BOIS DE TIGE	1re**	2e	3e	4e	MA INT. DU BOIS DE TIGE	1re	2e	3e	4e	MOY.	MA BOIS DE TIGE**/ VOL. INT.** DE LA TIGE
1,7	3,21	8	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,188	0,649	0,687	0,000	0,000	0,664	188,0
6,2	5,00	1	39	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	6,457	0,602	0,517	0,000	0,000	0,574	807,1
16,1	16,30	2	6	0,041	0,026	0,019	0,018	0,104	20,678	15,414	12,309	11,816	60,217	0,602	0,527	0,583	0,536	0,569	579,0
35,0	22,06	1	12	0,552	0,227	0,089	0,013	0,881	236,421	127,487	48,342	6,147	418,398	0,633	0,620	0,608	0,601	0,624	474,9
59,6	23,87	8	28	1,543	0,506	0,134	0,005	2,189	656,491	321,168	103,205	4,455	1085,320	0,676	0,720	0,628	0,596	0,683	495,8
	MOY.*			0,427	0,152	0,048	0,007	0,637	182,718	92,814	32,771	4,484	314,116	0,632	0,614	0,364	0,347	0,623	509,0

ANNEXE D

Tableaux 1 à 5 pour les principales
composantes des arbres

Tableau 1. Données statistiques pour les arbres aux fins d'analyse de la masse des composantes

Espèce	Nombre d'arbres échantillons n	d(cm) Moyenne	d(cm) ÉTτ	d(cm) Gamme	h(m) Moyenne	h(m) ÉTτ	h(m) Gamme	MV de l'arbre entier (kg)* Moyenne	MV de l'arbre entier (kg)* ÉTτ	MV de l'arbre entier (kg)* Gamme
Peuplier faux-tremble	224	16,6	7,7	5,2 - 43,5	17,4	4,8	7,0 - 27,3	257,5	298,3	8,7 - 1854,9
Peuplier à grandes dents	96	16,3	7,1	5,4 - 39,2	17,5	5,0	7,5 - 28,9	216,6	222,7	8,9 - 1195,0
Peuplier baumier	90	24,9	9,9	6,6 - 53,2	18,5	4,9	6,2 - 27,0	603,6	613,7	19,9 - 3091,9
Bouleau blanc	135	17,0	6,1	5,4 - 32,7	16,5	4,0	7,3 - 22,3	246,5	191,9	12,8 - 1162,4
Bouleau jaune	95	35,4	16,7	6,2 - 70,3	19,7	4,8	5,0 - 25,6	1495,6	1276,5	19,4 - 4971,7
Érable à sucre	112	27,1	14,9	5,1 - 57,8	18,1	4,9	7,3 - 26,4	925,5	957,1	9,5 - 3928,4
Érable rouge	63	21,4	10,7	5,7 - 45,2	16,7	5,0	8,0 - 25,4	437,6	467,3	17,1 - 1690,0
Érable argenté	37	24,3	12,1	5,3 - 45,3	20,4	5,1	9,5 - 26,4	620,7	605,2	19,6 - 1953,7
Frêne d'Amérique	74	23,8	11,4	5,9 - 53,7	18,0	3,6	9,1 - 26,9	502,7	464,0	15,8 - 2738,1
Frêne noir	26	15,0	7,6	5,7 - 33,1	13,7	3,2	7,2 - 20,3	175,6	177,9	14,0 - 597,9
Frêne de Pennsylvanieψ	28	21,2	8,8	6,9 - 40,2	18,3	5,1	7,2 - 26,7	377,3	303,0	18,3 - 1001,8
Tilleul d'Amérique	76	27,7	13,7	5,3 - 54,8	18,1	5,5	3,8 - 26,1	665,6	631,8	4,5 - 2201,7
Hêtre à grandes feuilles	76	26,5	10,9	6,1 - 46,3	19,1	5,0	5,6 - 26,5	782,9	657,5	14,6 - 2478,7
Cerisier tardif	72	24,1	10,7	6,4 - 49,6	17,8	4,1	8,4 - 25,9	514,9	433,4	20,2 - 1989,4
Orme d'Amérique	77	21,2	9,3	5,4 - 55,2	14,0	3,5	6,6 - 23,2	378,3	455,9	8,3 - 3080,6
Caryer	73	22,0	9,7	5,5 - 46,6	20,3	6,0	7,9 - 29,4	659,3	629,6	9,6 - 2390,8
Ostryer de Virginie	14	7,7	3,5	5,2 - 18,5	8,6	1,7	6,3 - 11,9	30,1	34,3	9,7 - 131,9
Chêne blanc	61	24,6	15,9	5,5 - 74,3	11,9	4,5	5,0 - 21,5	573,1	858,8	10,4 - 3988,6
Chêne rouge	114	23,8	10,0	5,5 - 55,3	16,0	3,7	6,5 - 23,0	575,1	551,9	11,6 - 3421,6
Tous les feuillus	1543	22,4	12,0	5,1 - 74,3	17,3	5,0	3,8 - 29,4	544,4	684,9	4,5 - 4971,7

*MV de l'arbre entier désigne la masse verte de la partie épigée de l'arbre, soit la tige, les branches vivantes, les rameaux et les feuilles.

τÉcart-type.

ψLe frêne de Pennsylvanie comprend certains arbres échantillons de frêne vert *Fraxinus pennsylvanica* var. *subintegerrima* [Vahl] Fern.).

Tableau 2. Coefficients de régression et statistiques pour l'équation 1: $MA = b_1 \cdot d^2h$

Composante	b_1	r^2	ETE%	Moyenne (kg)	Gamme (kg)
		Peuplier faux-tremble (n = 224)			
Bois de tige	0,014579	0,974	18,4	102,9	3,2 - 671,6
Écorce de tige	0,003198	0,918	36,7	21,4	0,6 - 133,1
Branches vivantes	0,002498	0,792	72,7	15,2	0,3 - 174,8
Rameaux et feuilles	0,000510	0,619	63,2	4,2	0,2 - 23,2
Arbre entier	0,020785	0,972	19,7	143,7	5,1 - 964,4
Branches mortes*	-	-	-	-	-
		Peuplier à grandes dents (n = 96)			
Bois de tige	0,013427	0,981	13,9	86,7	2,9 - 403,4
Écorce de tige	0,002931	0,917	28,7	19,4	1,0 - 112,4
Branches vivantes	0,001840	0,714	76,9	10,7	0,3 - 116,9
Rameaux et feuilles	0,000379	0,736	54,0	2,6	0,2 - 20,7
Arbre entier	0,018577	0,982	13,7	119,4	4,6 - 641,2
Branches mortes*	-	-	-	-	-
		Peuplier baumier (n = 90)			
Bois de tige	0,013164	0,978	15,3	202,1	4,5 - 996,3
Écorce de tige	0,001888	0,908	30,7	29,9	1,3 - 164,2
Branches vivantes	0,003150	0,781	58,2	46,7	2,0 - 352,6
Rameaux et feuilles	0,000303	0,491	51,8	5,9	0,5 - 20,2
Arbre entier	0,018505	0,974	16,9	284,6	9,6 - 1516,3
Branches mortes*	0,000677	0,491	143,8	8,6	0,0 - 124,7
		Bouleau blanc (n = 135)			
Bois de tige	0,016211	0,976	11,3	99,7	3,4 - 350,8
Écorce de tige	0,002873	0,785	37,7	17,7	0,7 - 89,9
Branches vivantes	0,003525	0,588	85,1	18,8	0,7 - 222,9
Rameaux et feuilles	0,000859	0,745	43,1	5,2	0,4 - 25,6
Arbre entier	0,023468	0,967	14,1	141,4	6,2 - 657,1
Branches mortes*	-	-	-	-	-

*La masse anhydre des branches mortes n'est pas comprise dans la masse anhydre de l'arbre entier.

Tableau 2. (suite)

Composante	b_1	r^2	ETE%	Moyenne (kg)	Gamme (kg)
		Bouleau jaune (n = 95)			
Bois de tige	0,015339	0,932	21,2	546,5	6,5 - 1623,9
Écorce de tige	0,002193	0,773	43,0	77,7	1,3 - 279,0
Branches vivantes	0,006947	0,774	52,0	226,5	1,3 - 1110,0
Rameaux et feuilles	0,000343	0,430	68,1	13,3	1,0 - 68,3
Arbre entier	0,024822	0,927	23,3	864,1	10,6 - 2951,4
Branches mortes*	0,000001	0,424	138,3	15,4	0,0 - 164,8
		Érable à sucre (n = 112)			
Bois de tige	0,017806	0,983	13,5	371,1	3,8 - 1536,4
Écorce de tige	0,001675	0,714	48,7	39,6	0,5 - 233,7
Branches vivantes	0,006717	0,890	37,7	136,8	0,2 - 684,5
Rameaux et feuilles	0,000526	0,655	52,8	12,7	0,2 - 49,6
Arbre entier	0,026724	0,978	15,2	560,1	6,2 - 2421,1
Branches mortes*	0,000297	0,381	120,6	6,4	0,0 - 46,3
		Érable rouge (n = 63)			
Bois de tige	0,014497	0,962	20,7	173,2	5,6 - 691,1
Écorce de tige	0,001562	0,857	34,6	20,6	0,8 - 59,8
Branches vivantes	0,005162	0,814	55,6	58,1	1,6 - 347,6
Rameaux et feuilles	0,000499	0,713	45,7	7,0	0,4 - 26,3
Arbre entier	0,021720	0,970	18,6	258,9	10,2 - 972,8
Branches mortes*	0,000506	0,311	140,3	6,4	0,0 - 52,0
		Érable argenté (n = 37)			
Bois de tige	0,013607	0,973	14,4	245,5	6,4 - 722,2
Écorce de tige	0,001326	0,956	18,7	23,9	0,8 - 73,2
Branches vivantes	0,006684	0,803	59,0	102,6	0,7 - 492,1
Rameaux et feuilles	0,000394	0,707	45,5	7,7	0,7 - 26,8
Arbre entier	0,022011	0,968	17,2	379,7	11,6 - 1163,7
Branches mortes*	0,000169	0,206	164,6	3,1	0,0 - 26,5

*La masse anhydre des branches mortes n'est pas comprise dans la masse anhydre de l'arbre entier.

Tableau 2. (suite)

Composante	b_1	r^2	ETE%	Moyenne (kg)	Gamme (kg)
		Frêne d'Amérique (n = 74)			
Bois de tige	0,015349	0,940	21,8	215,4	8,2 - 1077,8
Écorce de tige	0,001810	0,814	32,5	27,8	1,1 - 103,7
Branches vivantes	0,006197	0,739	69,3	75,1	0,6 - 653,4
Rameaux et feuilles	0,000328	0,186	64,0	5,8	0,1 - 15,8
Arbre entier	0,023684	0,931	24,9	324,2	0,7 - 1850,1
Branches mortes*	0,000855	0,264	192,7	10,4	0,0 - 93,6
		Frêne noir (n = 26)			
Bois de tige	0,015574	0,980	15,6	71,3	5,3 - 286,8
Écorce de tige	0,001914	0,720	43,4	10,5	1,0 - 32,0
Branches vivantes	0,001808	0,405	98,3	9,4	0,6 - 50,2
Rameaux et feuilles	0,000315	0,307	76,3	1,9	0,2 - 6,7
Arbre entier	0,019611	0,957	21,3	93,2	7,9 - 326,2
Branches mortes*	0,001724	0,780	87,7	6,0	0,0 - 43,2
		Frêne de Pennsylvanie (n = 28)			
Bois de tige	0,012970	0,932	21,8	149,1	5,9 - 418,2
Écorce de tige	0,002161	0,880	27,0	25,7	1,4 - 73,6
Branches vivantes	0,002593	0,836	38,3	29,0	0,8 - 97,2
Rameaux et feuilles	0,000326	0,268	51,9	4,6	0,1 - 9,1
Arbre entier	0,018050	0,942	19,8	208,4	9,9 - 587,8
Branches mortes*	0,000190	0,179	199,4	2,1	0,0 - 20,4
		Tilleul d'Amérique (n = 76)			
Bois de tige	0,011626	0,972	16,4	240,1	1,4 - 822,2
Écorce de tige	0,001877	0,826	39,3	40,9	0,2 - 144,6
Branches vivantes	0,002677	0,844	42,6	54,5	0,4 - 202,5
Rameaux et feuilles	0,000329	0,445	68,1	8,0	0,1 - 32,3
Arbre entier	0,016509	0,973	15,8	343,6	2,2 - 1118,9
Branches mortes*	0,000131	0,420	108,7	2,8	0,0 - 17,0

*La masse anhydre des branches mortes n'est pas comprise dans la masse anhydre de l'arbre entier.

Tableau 2. (suite)

Composante	b_1	r^2	ETE%	Moyenne (kg)	Gamme (kg)
		Hêtre à grandes feuilles (n = 76)			
Bois de tige	0,017437	0,897	25,3	317,7	5,5 - 1013,8
Écorce de tige	0,001230	0,754	36,5	23,5	0,9 - 74,5
Branches vivantes	0,005880	0,647	64,7	100,6	0,7 - 444,1
Rameaux et feuilles	0,000356	0,315	80,9	7,1	0,4 - 31,2
Arbre entier	0,024903	0,878	28,6	449,0	8,3 - 1372,5
Branches mortes*	0,000545	0,326	124,4	9,4	0,0 - 55,4
		Cerisier tardif (n = 72)			
Bois de tige	0,014529	0,826	31,7	212,0	8,7 - 689,6
Écorce de tige	0,001741	0,666	43,2	26,4	1,3 - 82,8
Branches vivantes	0,005579	0,719	71,4	65,3	0,4 - 403,7
Rameaux et feuilles	0,000275	0,269	68,2	4,5	0,2 - 15,0
Arbre entier	0,022124	0,901	26,1	308,2	12,1 - 1183,5
Branches mortes*	0,001129	0,322	105,7	16,2	0,0 - 95,4
		Orme d'Amérique (n = 77)			
Bois de tige	0,017416	0,970	23,0	146,7	2,8 - 1328,9
Écorce de tige	0,002443	0,803	68,9	19,7	0,5 - 246,7
Branches vivantes	0,003957	0,647	58,7	42,7	0,7 - 234,8
Rameaux et feuilles	0,000404	0,517	53,4	4,9	0,3 - 22,0
Arbre entier	0,024220	0,962	23,7	213,9	4,3 - 1832,2
Branches mortes*	0,000067	0,029	175,3	0,9	0,0 - 7,0
		Caryer (n = 73)			
Bois de tige	0,017007	0,940	21,4	241,1	3,7 - 857,6
Écorce de tige	0,002114	0,899	26,2	30,8	0,8 - 121,2
Branches vivantes	0,008546	0,769	61,1	106,0	0,9 - 621,4
Rameaux et feuilles	0,000667	0,813	41,8	9,3	0,3 - 37,0
Arbre entier	0,028334	0,949	21,1	387,3	5,7 - 1335,1
Branches mortes*	0,000106	0,026	256,6	1,8	0,0 - 31,0

*La masse anhydre des branches mortes n'est pas comprise dans la masse anhydre de l'arbre entier.

Tableau 2. (suite)

Composante	b_1	r^2	ETE%	Moyenne (kg)	Gamme (kg)
		Ostryer de Virginie (n = 14)			
Bois de tige	0,015409	0,947	23,8	12,1	3,0 - 48,1
Écorce de tige	0,001432	0,593	45,2	1,4	0,6 - 3,9
Branches vivantes	0,004147	0,953	29,8	2,8	0,3 - 13,7
Rameaux et feuilles	0,002432	0,906	35,6	1,8	0,7 - 8,9
Arbre entier	0,023420	0,963	20,4	18,1	6,3 - 74,5
Branches mortes*	-	-	-	-	-
		Chêne blanc (n = 61)			
Bois de tige	0,012846	0,959	27,9	200,5	2,8 - 1362,8
Écorce de tige	0,001608	0,866	47,9	26,9	0,7 - 162,5
Branches vivantes	0,007350	0,979	26,1	95,4	0,0 - 843,0
Rameaux et feuilles	0,000460	0,898	45,2	7,2	0,0 - 58,8
Arbre entier	0,022264	0,978	22,1	329,9	4,7 - 2385,5
Branches mortes*	0,002018	0,521	220,4	2,1	0,0 - 406,9
		Chêne rouge (n = 114)			
Bois de tige	0,017601	0,936	21,6	207,5	5,2 - 887,4
Écorce de tige	0,003002	0,817	34,8	37,0	0,7 - 156,6
Branches vivantes	0,008438	0,718	79,2	80,2	0,2 - 896,2
Rameaux et feuilles	0,000669	0,624	51,7	8,5	0,3 - 37,3
Arbre entier	0,029710	0,950	21,4	333,2	6,5 - 1977,5
Branches mortes*	0,001242	0,430	103,8	14,1	0,0 - 158,9
		Tous les feuillus (n = 1543)			
Bois de tige	0,015220	0,936	30,5	208,1	1,4 - 1623,9
Écorce de tige	0,001992	0,769	55,8	29,3	0,2 - 279,0
Branches vivantes	0,005859	0,737	90,5	67,8	0,0 - 1110,0
Rameaux et feuilles	0,000415	0,555	73,1	6,7	0,0 - 68,3
Arbre entier	0,023486	0,928	34,0	311,9	2,2 - 2951,4
Branches mortes*	0,000566	0,245	243,3	7,0	0,0 - 406,9

*La masse anhydre des branches mortes n'est pas comprise dans la masse anhydre de l'arbre entier.

Tableau 3. Masse anhydre des composantes, de l'arbre entier et des branches mortes en pourcentage de la masse anhydre du bois de tige

Espèce	Nombre d'arbres échantillons n	Écorce de tige	Branches vivantes	Rameaux et feuilles	Arbre entier	Branches mortes*
Peuplier faux-tremble	224	21,9	17,1	3,5	142,5	-
Peuplier à grandes dents	96	21,8	13,7	2,8	138,3	-
Peuplier baumier	90	14,4	23,9	2,3	140,6	5,1
Bouleau blanc	135	17,7	21,7	5,3	144,7	-
Bouleau jaune	95	14,3	45,3	2,2	161,8	0,0
Érable à sucre	112	9,4	37,7	3,0	150,1	1,7
Érable rouge	63	10,8	35,6	3,4	149,8	3,5
Érable argenté	37	9,8	49,1	2,9	161,8	1,2
Frêne d'Amérique	74	11,8	40,4	2,1	154,3	5,6
Frêne noir	26	12,3	11,6	2,0	125,9	11,1
Frêne de Pennsylvanie	28	16,7	20,0	2,5	139,2	1,5
Tilleul d'Amérique	76	16,2	23,0	2,8	142,0	1,1
Hêtre à grandes feuilles	76	7,1	33,7	2,0	142,8	3,1
Cerisier tardif	72	12,0	38,4	1,9	152,3	7,8
Orme d'Amérique	77	14,0	22,7	2,3	139,0	0,4
Caryer	73	12,4	50,3	3,9	166,6	0,6
Ostryer de Virginie	14	9,3	26,9	15,8	152,0	-
Chêne blanc	61	12,5	57,2	3,6	173,3	15,7
Chêne rouge	114	17,1	47,9	3,8	168,8	7,1
Tous les feuillus	1543	13,1	38,5	2,7	154,3	3,7

*La masse anhydre des branches mortes n'est pas comprise dans la masse anhydre de l'arbre entier.

Tableau 4. Rapports masse anhydre/masse verte

Espèce	Nombre d'arbres échantillons n	Bois de tige	Écorce de tige	Branches vivantes	Rameaux et feuilles	Arbre entier
Peuplier faux-tremble	224	0,573	0,580	0,510	0,372	0,558
Peuplier à grandes dents	96	0,560	0,576	0,530	0,333	0,551
Peuplier baumier	90	0,472	0,474	0,484	0,375	0,472
Bouleau blanc	135	0,573	0,663	0,575	0,400	0,574
Bouleau jaune	95	0,580	0,585	0,584	0,411	0,578
Érable à sucre	112	0,620	0,596	0,591	0,429	0,605
Érable rouge	63	0,612	0,558	0,570	0,444	0,592
Érable argenté	37	0,630	0,568	0,597	0,441	0,612
Frêne d'Amérique	74	0,664	0,583	0,652	0,373	0,645
Frêne noir	26	0,544	0,513	0,510	0,354	0,531
Frêne de Pennsylvanie	28	0,568	0,542	0,523	0,377	0,552
Tilleul d'Amérique	76	0,528	0,506	0,499	0,397	0,516
Hêtre à grandes feuilles	76	0,585	0,558	0,553	0,442	0,573
Cerisier tardif	72	0,616	0,556	0,584	0,388	0,599
Orme d'Amérique	77	0,574	0,565	0,565	0,390	0,566
Caryer	73	0,609	0,512	0,593	0,380	0,587
Ostryer de Virginie	14	0,632	0,569	0,603	0,465	0,601
Chêne blanc	61	0,584	0,588	0,570	0,420	0,576
Chêne rouge	114	0,568	0,655	0,597	0,442	0,579
Tous les feuillus	1543	0,581	0,571	0,573	0,404	0,573

Tableau 5. Densités moyennes de base du bois

Espèce	Densité de base du bois (kg/m³)		Nombre d'arbres échantillons		Nombre de spécimens*
Peuplier faux-tremble	390	(374)τ	54	(20)τ	164
Peuplier à grandes dents	363	(390)	19	(10)	60
Peuplier baumier	354	(372)	87	(10)	348
Bouleau blanc	536	(506)	56	(16)	200
Bouleau jaune	596	(559)	95	(25)	368
Érable à sucre	623	(597)	112	(19)	402
Érable rouge	583	(516)	63	(6)	198
Érable argenté	477	(461)	37	(5)	136
Frêne d'Amérique	594	(570)	64	(13)	256
Frêne noir	545	(468)	18	(5)	72
Frêne de Pennsylvanie	555	(373)	24	(6)	96
Tilleul d'Amérique	426	(360)	76	(4)	288
Hêtre à grandes feuilles	610	(590)	76	(17)	292
Cerisier tardif	569	(510)	64	(5)	256
Orme d'Amérique	580	(524)	68	(23)	272
Caryer	616	(628)	67	(5)	268
Ostryer de Virginie	652	(652)	14	(6)	28
Chêne blanc	646	(654)	49	(5)	196
Chêne rouge	590	-	100	-	400
Tous les feuillus	548	-	1143	-	4300

*Nombre de quartiers prélevés sur les disques (un par disque) afin de déterminer la densité de base du bois.

τLes chiffres entre parenthèses sont de Jessome (1977).

ANNEXE E

Tableaux 6 à 13 pour les composantes
marchandes et non marchandes de la tige

Tableau 6. Données statistiques aux fins d'analyse de la masse marchande

Espèce	Nombre d'arbres n	Nombre d'observations	d(cm)		h(m)		dm/d*		hm/h*	
			Moyenne	Gamme	Moyenne	Gamme	Moyenne	Gamme	Moyenne	Gamme
Peuplier faux-tremble	164	492	19,5	10,1 - 43,5	19,53	9,58 - 27,25	0,731	0,209 - 0,995	0,422	0,083 - 0,852
Peuplier à grandes dents	71	213	19,2	9,6 - 39,2	19,71	11,60 - 28,90	0,716	0,232 - 0,990	0,429	0,066 - 0,849
Peuplier baumier	87	261	25,5	10,0 - 53,2	18,81	8,70 - 27,00	0,637	0,174 - 0,990	0,458	0,121 - 0,884
Bouleau blanc	103	309	19,4	10,0 - 32,7	18,21	11,70 - 22,25	0,716	0,278 - 0,992	0,426	0,071 - 0,797
Bouleau jaune	89	267	37,3	10,4 - 70,3	20,47	10,00 - 25,60	0,598	0,136 - 0,991	0,468	0,088 - 0,874
Érable à sucre	89	267	31,6	10,0 - 57,8	19,82	9,86 - 26,41	0,639	0,157 - 1,000	0,445	0,076 - 0,838
Érable rouge	36	108	28,1	13,5 - 45,2	20,04	10,76 - 25,35	0,620	0,201 - 0,993	0,449	0,152 - 0,804
Érable argenté	31	93	27,4	13,3 - 45,3	21,99	14,15 - 26,38	0,606	0,205 - 0,933	0,441	0,106 - 0,812
Frêne d'Amérique	64	192	26,3	10,7 - 53,7	18,83	11,75 - 26,93	0,626	0,169 - 0,975	0,451	0,138 - 0,837
Frêne noir	17	51	18,8	10,7 - 33,1	15,48	12,60 - 20,30	0,728	0,248 - 0,991	0,401	0,107 - 0,775
Frêne de Pennsylvanie	24	72	23,3	12,0 - 40,2	19,66	13,50 - 26,70	0,669	0,226 - 0,950	0,433	0,129 - 0,828
Tilleul d'Amérique	68	204	30,0	11,5 - 54,8	19,31	9,41 - 26,10	0,647	0,166 - 0,993	0,473	0,121 - 0,866
Hêtre à grandes feuilles	70	210	28,0	10,5 - 46,3	19,98	9,72 - 26,50	0,635	0,197 - 0,989	0,468	0,106 - 0,858
Cerisier tardif	63	189	26,4	10,1 - 49,6	18,64	8,35 - 25,92	0,614	0,183 - 0,991	0,468	0,138 - 0,866
Orme d'Amérique	67	201	23,2	11,3 - 55,2	14,74	8,11 - 23,24	0,643	0,165 - 0,992	0,400	0,083 - 0,824
Caryer	67	201	23,5	10,0 - 46,6	21,25	11,60 - 29,40	0,643	0,204 - 0,990	0,426	0,076 - 0,821
Ostryer de Virginie	45	135	29,9	12,2 - 74,3	13,48	5,00 - 21,50	0,609	0,125 - 0,994	0,434	0,149 - 0,834
Chêne rouge	100	300	25,6	10,1 - 55,3	16,64	9,92 - 23,00	0,629	0,180 - 0,998	0,452	0,106 - 0,889
Tous les feuillus	1255	3765	25,6	9,6 - 74,3	18,81	5,00 - 29,40	0,660	0,125 - 1,000	0,445	0,066 - 0,889

*dm est le diamètre marchand au fin bout et hm est la hauteur marchande.

Tableau 7. Coefficients de régression et statistiques pour l'équation 3: $MA\% = b_0 + b_1 \cdot (dm/d) + b_2 \cdot (dm/d)^2$

Composante	Coefficients de régression b_0	b_1	b_2	R^2	ETE%	Moyenne (%)	Gamme (%)
			Peuplier faux-tremble (n = 164)				
Bois de tige marchand	63,449	102,391	-144,963	0,894	11,18	55,4	13,7 - 88,0
Écorce de tige marchande	16,920	5,385	-18,227	0,660	25,24	10,5	2,6 - 24,7
Bois au fin bout de la tige avec écorce	19,631	-107,776	163,150	0,911	19,86	34,1	0,2 - 83,5
			Peuplier à grandes dents (n = 71)				
Bois de tige marchand	67,474	82,794	-131,142	0,902	10,31	55,0	15,1 - 86,7
Écorce de tige marchande	14,522	20,714	-31,798	0,730	20,65	12,0	3,4 - 22,4
Bois au fin bout de la tige avec écorce	18,004	-103,508	162,940	0,925	18,35	33,0	0,5 - 81,1
			Peuplier baumier (n = 87)				
Bois de tige marchand	91,781	4,388	-69,670	0,788	13,3	63,4	23,0 - 90,1
Écorce de tige marchande	13,225	1,641	-11,409	0,483	27,9	91,7	2,5 - 24,2
Bois au fin bout de la tige avec écorce	-5,006	-6,029	81,079	0,801	34,1	27,4	0,4 - 71,9
			Bouleau blanc (n = 103)				
Bois de tige marchand	59,476	121,358	-159,218	0,901	9,94	59,2	14,4 - 87,2
Écorce de tige marchande	13,736	9,510	-19,791	0,551	29,91	9,7	2,4 - 39,8
Bois au fin bout de la tige avec écorce	26,788	-130,868	179,009	0,912	20,88	31,1	1,2 - 83,2
			Bouleau jaune (n = 89)				
Bois de tige marchand	84,625	31,697	-89,097	0,805	12,6	66,2	19,6 - 93,0
Écorce de tige marchande	11,620	4,975	-12,759	0,313	37,3	9,3	2,0 - 25,3
Bois au fin bout de la tige avec écorce	3,755	-36,672	101,856	0,839	34,6	24,5	0,2 - 74,8

Tableau 7. (suite)

Composante	Coefficients de régression b_0	b_1	b_2	R^2	ETE%	Moyenne (%)	Gamme (%)
		Érable à sucre (n = 89)					
Bois de tige marchand	81,135	62,534	-117,722	0,869	11,2	65,7	15,6 - 94,9
Écorce de tige marchande	6,479	17,474	-20,842	0,376	31,4	7,9	1,8 - 18,2
Bois au fin bout de la tige avec écorce	12,386	-80,008	138,564	0,882	28,9	26,4	0,3 - 81,8
		Érable rouge (n = 36)					
Bois de tige marchand	83,812	42,894	-98,309	0,870	9,6	67,7	31,1 - 92,2
Écorce de tige marchande	7,023	15,746	-19,931	0,431	26,9	8,1	3,3 - 15,4
Bois au fin bout de la tige avec écorce	9,165	-58,640	118,240	0,875	29,1	24,2	0,6 - 63,0
		Érable argenté (n = 31)					
Bois de tige marchand	84,812	49,197	-113,081	0,892	8,8	68,2	28,9 - 91,2
Écorce de tige marchande	9,137	0,488	-7,394	0,738	15,8	6,4	2,7 - 9,8
Bois au fin bout de la tige avec écorce	6,051	-49,685	120,475	0,894	25,7	25,4	0,7 - 66,8
		Frêne d'Amérique (n = 64)					
Bois de tige marchand	93,678	-6,814	-56,461	0,769	13,8	64,6	27,0 - 90,7
Écorce de tige marchande	11,275	2,051	-8,816	0,327	30,9	86,9	2,7 - 19,0
Bois au fin bout de la tige avec écorce	-4,953	4,763	65,277	0,753	39,0	26,7	0,6 - 68,5
		Frêne noir (n = 17)					
Bois de tige marchand	75,421	62,257	-109,466	0,741	17,5	58,2	21,9 - 90,2
Écorce de tige marchande	2,200	34,020	-31,739	0,295	34,3	88,2	2,5 - 17,3
Bois au fin bout de la tige avec écorce	22,379	-96,277	141,205	0,713	36,4	33,0	1,4 - 74,8
		Frêne de Pennsylvanie (n = 24)					
Bois de tige marchand	83,398	35,204	-95,131	0,809	13,3	60,8	27,4 - 87,0
Écorce de tige marchande	14,609	3,859	-14,861	0,581	24,9	99,8	3,5 - 17,1
Bois au fin bout de la tige avec écorce	1,993	-39,063	109,992	0,798	33,7	29,2	0,1 - 66,1

Tableau 7. (suite)

Composante	Coefficients de régression b_0	b_1	b_2	R^2	ETE%	Moyenne (%)	Gamme (%)
			Tilleul d'Amérique (n = 68)				
Bois de tige marchand	77,644	56,210	-108,042	0,875	10,4	62,6	19,2 - 91,2
Écorce de tige marchande	10,807	21,497	-27,680	0,440	27,7	11,6	3,6 - 22,8
Bois au fin bout de la tige avec écorce	11,549	-77,707	135,722	0,886	27,9	25,8	0,2 - 75,4
			Hêtre à grandes feuilles (n = 70)				
Bois de tige marchand	88,296	39,002	-96,680	0,831	11,8	68,9	21,0 - 94,5
Écorce de tige marchande	5,838	6,056	-9,870	0,455	29,1	5,2	1,5 - 15,5
Bois au fin bout de la tige avec écorce	5,866	-45,058	106,550	0,836	33,2	25,9	0,5 - 77,6
			Cerisier tardif (n = 63)				
Bois de tige marchand	94,449	-9,283	-53,612	0,724	14,7	66,1	23,4 - 93,2
Écorce de tige marchande	11,359	0,527	-7,697	0,237	39,9	84,4	2,7 - 23,9
Bois au fin bout de la tige avec écorce	-5,808	8,756	61,309	0,743	40,9	25,4	0,6 - 73,4
			Orme d'Amérique (n = 67)				
Bois de tige marchand	92,939	1,385	-66,592	0,813	12,1	63,7	22,5 - 91,7
Écorce de tige marchande	11,291	2,651	-10,233	0,292	37,2	83,7	1,3 - 20,1
Bois au fin bout de la tige avec écorce	-4,230	-4,036	76,825	0,822	30,1	27,9	0,9 - 72,4
			Caryer (n = 67)				
Bois de tige marchand	88,439	24,672	-90,829	0,791	13,8	63,2	18,3 - 91,9
Écorce de tige marchande	10,927	5,022	-13,047	0,489	26,7	82,5	1,6 - 18,1
Bois au fin bout de la tige avec écorce	0,634	-29,694	103,876	0,791	34,5	28,6	0,9 - 79,1
			Chêne blanc (n = 45)				
Bois de tige marchand	90,538	-2,508	-54,275	0,776	12,9	66,0	30,8 - 91,4
Écorce de tige marchande	13,653	-2,516	-6,611	0,331	37,2	93,1	3,0 - 24,2
Bois au fin bout de la tige avec écorce	-4,191	5,024	60,886	0,799	37,0	24,7	0,4 - 66,2

Tableau 7. (suite)

Composante	Coefficients de régression b_0	b_1	b_2	R^2	ETE%	Moyenne (%)	Gamme (%)
			Chêne rouge (n = 100)				
Bois de tige marchand	92,925	-22,559	-37,195	0,615	17,8	62,4	21,4 - 90,6
Écorce de tige marchande	15,729	1,312	-12,847	0,437	30,7	10,9	2,9 - 26,0
Bois au fin bout de la tige avec écorce	-8,654	21,247	50,042	0,650	46,7	26,7	0,1 - 74,1
			Tous les feuillus (n = 1255)				
Bois de tige marchand	84,472	33,065	-91,403	0,811	13,3	62,5	13,7 - 94,9
Écorce de tige marchande	10,087	12,415	-18,786	0,320	37,2	9,3	1,3 - 39,8
Bois au fin bout de la tige avec écorce	5,441	-45,480	110,189	0,825	31,9	28,2	0,1 - 83,5

Tableau 8. Coefficients de régression et statistiques pour l'équation 4: $MA\% = b_0+b_1\cdot(hm/h) + b_2\cdot(hm/h)^2$

Composante*	Coefficents de régression b_0	b_1	b_2	R^2	ETE%
		Peuplier faux-tremble (n = 164)			
Bois de tige marchand	0,943	182,017	-101,509	0,948	7,82
Écorce de tige marchande	0,978	27,838	-10,393	0,692	24,02
Bois au fin bout de tige avec écorce	98,079	-209,855	111,902	0,964	12,51
		Peuplier à grandes dents (n = 71)			
Bois de tige marchand	2,470	170,247	-91,041	0,969	5,79
Écorce de tige marchande	0,525	34,983	-15,863	0,771	19,03
Bois au fin bout de tige avec écorce	97,005	-205,230	106,904	0,990	6,64
		Peuplier baumier (n = 87)			
Bois de tige marchand	5,821	182,087	-102,280	0,925	7,9
Écorce de tige marchande	0,757	25,443	-12,849	0,588	24,9
Bois au fin bout de tige avec écorce	93,422	-207,530	115,129	0,945	17,9
		Bouleau blanc (n = 103)			
Bois de tige marchand	4,707	178,755	-98,470	0,956	6,58
Écorce de tige marchande	0,935	26,566	-11,562	0,558	29,70
Bois au fin bout de tige avec écorce	94,358	-205,321	110,032	0,962	13,73
		Bouleau jaune (n = 89)			
Bois de tige marchand	2,749	209,118	-129,872	0,924	7,9
Écorce de tige marchande	2,022	20,851	-9,560	0,357	36,0
Bois au fin bout de tige avec écorce	95,229	-229,969	139,432	0,960	17,2

*Les moyennes et gammes de ces composantes sont les mêmes que celles indiquées au tableau 7.

Tableau 8. (suite)

Composante*	Coefficients de régression b_0	b_1	b_2	R^2	ETE%
		Érable à sucre (n = 89)			
Bois de tige marchand	0,923	218,456	-134,802	0,931	8,1
Écorce de tige marchande	-0,162	29,482	-21,276	0,464	29,1
Bois au fin bout de tige avec écorce	99,239	-247,938	156,078	0,963	16,3
		Érable rouge (n = 36)			
Bois de tige marchand	5,701	205,037	-126,416	0,952	5,9
Écorce de tige marchande	-0,801	32,981	-24,698	0,530	24,5
Bois au fin bout de tige avec écorce	95,100	-238,018	151,114	0,971	14,0
		Érable argenté (n = 31)			
Bois de tige marchand	7,404	205,391	-127,666	0,964	5,1
Écorce de tige marchande	0,796	18,541	-11,047	0,749	15,4
Bois au fin bout de tige avec écorce	91,800	-223,932	138,713	0,962	15,5
		Frêne d'Amérique (n = 64)			
Bois de tige marchand	4,518	191,649	-109,340	0,921	8,1
Écorce de tige marchande	-0,105	29,444	-18,622	0,550	25,3
Bois au fin bout de tige avec écorce	95,587	-221,093	127,962	0,937	19,7
		Frêne noir (n = 17)			
Bois de tige marchand	5,790	173,468	-87,042	0,952	7,5
Écorce de tige marchande	0,433	31,809	-22,160	0,513	28,5
Bois au fin bout de tige avec écorce	93,777	-205,277	109,202	0,965	12,7

*Les moyennes et gammes de ces composantes sont les mêmes que celles indiquées au tableau 7.

Tableau 8. (suite)

Composante*	Coefficients de régression b_0	b_1	b_2	R^2	ETE%
		Frêne de Pennsylvanie (n = 24)			
Bois de tige marchand	8,626	166,532	-88,121	0,893	10,0
Écorce de tige marchande	-0,002	32,111	-17,312	0,749	19,3
Bois au fin bout de tige avec écorce	91,376	-198,643	105,433	0,902	23,5
		Tilleul d'Amérique (n = 68)			
Bois de tige marchand	2,628	186,156	-104,876	0,934	7,5
Écorce de tige marchande	-0,419	40,536	-26,925	0,520	25,7
Bois au fin bout de tige avec écorce	97,791	-226,692	131,801	0,963	16,0
		Hêtre à grandes feuilles (n = 70)			
Bois de tige marchand	3,519	209,415	-123,829	0,952	6,2
Écorce de tige marchande	0,142	16,151	-9,579	0,528	27,0
Bois au fin bout de tige avec écorce	96,339	-225,566	133,408	0,959	16,5
		Cerisier tardif (n = 63)			
Bois de tige marchand	3,914	197,353	-115,569	0,938	7,0
Écorce de tige marchande	0,285	27,027	-17,249	0,326	37,5
Bois au fin bout de tige avec écorce	95,801	-224,380	132,818	0,968	14,4
		Orme d'Amérique (n = 67)			
Bois de tige marchand	9,608	195,956	-125,377	0,891	9,3
Écorce de tige marchande	1,641	22,800	-12,361	0,384	34,7
Bois au fin bout de tige avec écorce	88,751	-218,756	137,738	0,919	20,3

*Les moyennes et gammes de ces composantes sont les mêmes que celles indiquées au tableau 7.

Tableau 8. (suite)

Composante*	Coefficients de régression b_0	b_1	b_2	R^2	ETE%
		Caryer (n = 67)			
Bois de tige marchand	8,519	182,844	-104,420	0,927	8,1
Écorce de tige marchande	0,449	26,946	-16,531	0,665	21,6
Bois au fin bout de tige avec écorce	91,032	-209,790	120,951	0,943	18,1
		Chêne blanc (n = 45)			
Bois de tige marchand	6,179	205,137	-130,539	0,897	8,7
Écorce de tige marchande	-0,400	35,019	-24,484	0,364	36,2
Bois au fin bout de tige avec écorce	94,221	-240,156	155,023	0,917	23,7
		Chêne rouge (n = 100)			
Bois de tige marchand	5,216	185,909	-109,777	0,900	9,1
Écorce de tige marchande	0,276	32,881	-17,274	0,572	26,8
Bois au fin bout de tige avec écorce	94,508	-218,790	127,051	0,933	20,5
		Tous les feuillus (n = 1255)			
Bois de tige marchand	4,148	191,629	-111,474	0,903	9,5
Écorce de tige marchande	0,560	28,197	-15,933	0,433	34,0
Bois au fin bout de tige avec écorce	95,292	-219,826	127,407	0,943	18,2

*Les moyennes et gammes de ces composantes sont les mêmes que celles indiquées au tableau 7.

Tableau 9. Valeurs moyennes des souches à une hauteur de souche de 30 cm, exprimées en pourcentage de la masse totale de la tige

Espèce	Nombre d'arbres n	Valeur moyenne			Bois de souche avec écorce	
		Bois de souche	Écorce de souche	Bois de souche avec écorce	ÉT*	ES*
Peuplier faux-tremble	164	3,53	0,80	4,33	1,078	0,049
Peuplier à grandes dents	71	3,34	0,88	4,22	0,862	0,059
Peuplier baumier	87	4,57	0,63	5,20	1,99	0,123
Bouleau blanc	103	5,16	0,88	6,04	1,573	0,089
Bouleau jaune	89	6,51	0,72	7,23	2,521	0,154
Érable à sucre	89	4,95	0,52	5,47	1,710	0,105
Érable rouge	36	5,92	0,60	6,52	2,613	0,251
Érable argenté	31	7,00	0,55	7,55	2,472	0,256
Frêne d'Amérique	64	5,23	0,67	5,90	2,570	0,184
Frêne noir	17	5,88	0,77	6,65	1,844	0,258
Frêne de Pennsylvanie	24	5,08	0,66	5,74	2,029	0,239
Tilleul d'Amérique	68	4,35	0,74	5,09	0,226	0,159
Hêtre à grandes feuilles	70	5,56	0,37	5,93	2,938	0,203
Cerisier tardif	63	4,71	0,65	5,36	2,172	0,158
Orme d'Amérique	67	7,30	0,89	8,19	3,145	0,222
Caryer	67	5,25	0,64	5,89	2,768	0,195
Chêne blanc	45	8,03	1,11	9,14	2,860	0,246
Chêne rouge	100	6,47	1,02	7,49	2,849	0,165
Tous les feuillus	1255	5,25	0,74	5,99	2,575	0,042

*ÉT = écart-type; ES = erreur-type de la moyenne.

Tableau 10. Pourcentages du volume (et de la masse) pour différentes hauteurs de souche par rapport au volume (et à la masse) de souche à 30 cm

Hauteur de souche (cm)	%
5	17,95
10	35,28
15	52,07
20	68,36
25	84,45
30	100,00

Tableau 11. Pourcentage de réduction de la masse du bois de souche et de la masse d'écorce de souche à différentes hauteurs de souche par rapport à la masse totale de la tige (bois avec écorce) : un exemple, le bouleau blanc

Hauteur de souche (cm)	Bois de souche (%)	Écorce de souche (%)	Bois de souche avec écorce (%)
5	0,93*	0,15	1,08
10	1,82	0,31	2,13
15	2,69	0,46	3,15
20	3,53	0,60	4,13
25	4,36	0,74	5,10
30	5,16	0,88	6,04

*0,93 % = (5,16 % du tableau 9) x (17,95 % du tableau 10).

Tableau 12. Rapports permis pour les équations 3 et 4

Espèce	Équation 3 dm/d minimal permis	Équation 4 hm/h maximale permis
Peuplier faux-tremble	0,330*	0,885
Peuplier à grandes dents	0,318	0,842
Peuplier baumier	0,288	0,872
Bouleau blanc	0,366	0,819
Bouleau jaune	0,180	0,825
Érable à sucre	0,289	0,794
Érable rouge	0,248	0,788
Érable argenté	0,206	0,807
Frêne d'Amérique	0,241	0,864
Frêne noir	0,341	0,783
Frêne de Pennsylvanie	0,293	0,798
Tilleul d'Amérique	0,286	0,860
Hêtre à grandes feuilles	0,211	0,845
Cerisier tardif	0,245	0,845
Orme d'Amérique	0,262	0,794
Caryer	0,263	0,867
Chêne blanc	0,224	0,775
Chêne rouge	0,255	0,861
Tous les feuillus	0,206	0,863

*Rapport dm/d de 0,330 veut dire par exemple 7/21,2, 8/24,2, 9/27,3 et 10/10,3, et une valeur de 0,100 n'est pas réaliste pour l'espèce étudiée.

Tableau 13. Distribution en pourcentage de la souche, de la partie marchande et du fin bout de la tige pour diverses hauteurs de souche, pour le bouleau blanc, en fonction de l'équation 3

dm/d	Hauteur de souche (cm)	Bois de souche	Écorce de souche	Bois de tige marchandnet	Écorce de tige marchandenette	Bois au fin bout de la tige avec écorce	Total
		Pourcentage de la masse anhydre totale de la tige					
0,40	10	1,82	0,31	80,73	14,06	3,08	100,00
	20	3,53	0,60	79,02	13,77	3,08	100,00
	30	5,16	0,88	77,39	13,49	3,08	100,00
0,65	10	1,82	0,31	69,27	11,25	17,35	100,00
	20	3,53	0,60	67,56	10,96	17,35	100,00
	30	5,16	0,88	65,93	10,68	17,35	100,00
0,90	10	1,82	0,31	37,91	5,96	54,00	100,00
	20	3,53	0,60	36,20	5,67	54,00	100,00
	30	5,16	0,88	34,57	5,39	54,00	100,00

ANNEXE F

Examen de l'erreur systématique de l'équation de l'arbre entier

EXAMEN DE L'ERREUR SYSTÉMATIQUE DE L'ÉQUATION DE L'ARBRE ENTIER

Étant donnée que les équations de biomasse du présent rapport ne sont que des approximations des relations réelles, elles donneront parfois des estimations biaisées. Cela est vrai, quelle que soit leur forme, soit une équation linéaire normale de d^2h, une droite passant par l'origine des coordonnées comme dans ce rapport, un polynôme, etc.

Il y a deux sources majeures d'erreur lorsque ces équations sont utilisées pour estimer la biomasse d'un peuplement d'arbres donné. Premièrement, les équations sont liées à une série de données scientifiques et peuvent avoir tendance à surestimer ou sous-estimer la biomasse lorsqu'elles sont appliquées à un peuplement dont les caractéristiques sont différentes. Deuxièmement, même si les équations n'ont pas tendance à sous-estimer ou surestimer la biomasse de façon générale, elles peuvent surestimer la biomasse pour certaines tailles d'arbres et la sous-estimer pour d'autres. Cela peut entraîner une erreur systématique globale, notamment si le peuplement est constitué surtout de petits arbres ou de gros arbres.

L'examen de la première source d'erreur a été jugé inapproprié en raison des erreurs inhérentes à chaque série de données indépendantes dues à des différences dans la composition du nombre d'arbres et de la taille des arbres dans chaque série. Toutefois, la deuxième source d'erreur pouvait être étudiée en utilisant la série de données initiale et en évaluant comment les équations s'appliquaient à toutes les tailles d'arbres. Cette méthode a été utilisée dans le cas présent seulement pour l'équation de l'arbre entier, pour tous les feuillus combinés, de façon à avoir un aperçu de la justesse des équations. Des classes de taille ont été établies et l'erreur systématique moyenne a été calculée pour chaque classe et exprimée en pourcentage de la biomasse moyenne pour cette classe, comme le montre le tableau suivant. (Remarque: le signe moins indique une sous-estimation, et le signe plus, une surestimation.)

Classe d^2h	Nombre d'arbres	Erreur systématique moyenne en pourcentage de la masse anhydre moyenne
1 - 1000	195	-16
1001 - 2000	127	-3
2001 - 3000	117	-1
3001 - 4000	91	+2
4001 - 5000	74	+2
5001 - 6000	73	+3
6001 - 7000	79	-2
7001 - 8000	50	+3
8001 - 9000	55	+2
9001 - 10 000	52	0
10 001 - 12 000	81	0
12 001 - 14 000	60	0
14 001 - 16 000	67	+4

(suite)

(Suite)

Classe d^2h	Nombre d'arbres	Erreur systématique moyenne en pourcentage de la masse anhydre moyenne
16 001 - 18 000	57	-5
18 001 - 20 000	53	0
20 001 - 30 000	124	-5
30 001 - 40 000	75	+2
40 001 - 50 000	47	+4
50 001 - 60 000	24	-3
60 000 +	42	0
Toutes classes combinées	1543	-0,36

L'adéquation à la réalité de cette équation semble assez bonne, sauf pour la sous-estimation de 16 % pour la plus petite classe de d^2h. Cela tient probablement au fait que, pour les petits arbres, la hauteur à laquelle le diamètre a été mesuré (1,30 m) se trouve dans la portion supérieure de la tige et non pas près du pied de l'arbre, comme pour les autres classes de d^2h.

Une analyse plus détaillée de cette équation pourrait être faite en établissant des classes de diamètre et des classes de hauteur pour chaque classe de diamètre. Cela n'a pas été fait ici car l'auteur a jugé qu'il fallait garder un nombre raisonnablement élevé d'arbres dans chaque classe.

L'auteur remercie de son aide D.A. MacLeod, statisticien, Division de la statistique appliquée, Direction du logiciel d'application et des méthodes quantitatives, ministère de l'Environnement.